第46卷　第2期
2023年2月

干旱区地理
ARID　LAND　GEOGRAPHY

Vol. 46　No. 2
Feb. 2023

陕西省“三生”空间格局演变与驱动机制研究

窦睿音[1]，　张文洁[1,2]，　陈　晨[1]

（1. 西安外国语大学人文地理研究所,陕西　西安　710128；2. 康奈尔大学建筑艺术规划学院，纽约　伊萨卡　14850）

摘　要: 陕西省作为我国承东启西的重要省份,其土地利用的合理规划对于促进区域高质量发展意义重大。以土地功能为视角,运用土地利用转移矩阵等模型,探究2000—2020年陕西省“三生”空间的数量及分布特征和变化趋势,最终分析不同尺度分布变化的内在原因。结果表明:(1)“三生”空间综合土地利用动态度在0.2%波动,期间有2次速率增长,首次是生活空间扩张导致,其次与生态空间增长相关。单一动态度中,生活空间的数值最大,多为正值;生产空间速率次之,多为负值;生态空间多为正值,稳定在0.1%。(2) 2000—2020年生产空间变化最大,总面积减小2913 km²,其余类型增加,生态空间增长更多;二级分类中,生产生态空间减少4036 km²,变化最大,其余类型除潜在生态空间外均为增加,绿色生态空间扩大2025 km²,增加最多。(3)“三生”空间分布与地形地貌相关,其整体以生态空间为主,多分布于省域南部,生产空间主要位于省域中部,生活空间多分布于西安都市圈一带,面积最小,但逐年向外扩张。(4) 因子探测中,人口要素对陕西省“三生”空间演化起主导作用;交互探测后,多因子交互后的结果强于单一因子的简单解释。

关 键 词:“三生”空间；土地利用/覆被变化；时空演变；驱动机制；陕西省

文章编号: 1000－6060(2023)02－0264－10(0264～0273)

中国自积极参与全球供应链后,城市化和工业化进程迅速推进,2020年人口城镇化率已达63.89%[1]。过半人口在城市聚集,伴随出现挤占耕地、土地城镇化过快等问题[2-3]。发展需要不断获取资源,土地是资源的载体和本体[4],资源的稀缺性与不可再生性导致土地各功能的冲突不断加剧,空间功能失调已成为阻碍区域高质量发展的首要因素[5],揭示土地利用模式利于协调土地功能并促进长期发展[6]。党的十八大报告中提出“促进生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”的目标,为土地资源的优化途径指明方向。2021年《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》强调“优化生态安全屏障体系,逐步形成城市化地区、农产品主产区、生态功能区三大空间格局”,一系列政策文件多次提及“生产、生活、生态”空间(简称“三生”空间)与此3种功能,其合理配置成为我国国土空间分类布局的重要标准。

当前,“三生”空间作为国家关注的重点和土地研究的前沿受到广泛讨论。一是有关空间分类的研究[7-9]。陈婧等[7]以功能差异为基准,强调生态功能以促进可持续利用。李广东等[8]通过生物物理测量和价值转化识别塘栖镇的“三生”空间。虽尚未形成统一标准,但基本框架已形成。二是各类空间的影响因素[10-12]、耦合关系[13-15]、格局优化[16-17]及生态景观效应[18-20]。陈龙等[10]采用典型相关性分析等方法探究江苏省用地转型驱动力。张军涛等[17]通过耦合协调机制评价沿海中心城市的“三生”功能。龚亚男等[19]借鉴生态环境质量指数模型,测算广东省地级市“三生”空间环境质量。研究区多为

收稿日期: 2022-01-27；　**修订日期:** 2022-06-09

基金项目: 国家自然科学基金青年项目(42201324);陕西省自然科学基金青年项目(2021JQ-770);西安外国语大学校级科研项目(21XWC02)资助

作者简介: 窦睿音(1989-),男,副教授,主要从事区域可持续发展等方面的研究. E-mail: douruiyin@xisu.edu.cn

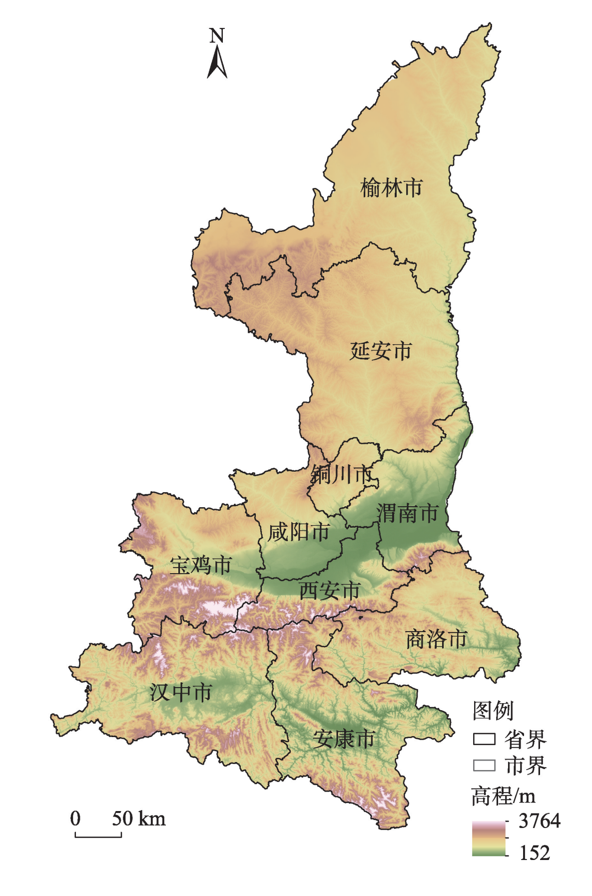
通讯作者: 张文洁(1999-),女,硕士研究生,主要从事土地利用与可持续发展等方面的研究. E-mail: wz226@cornell.edu

东部沿海地区,西部地区的研究较少且影响要素较单一。

随着新时代推进西部大开发形成新格局、黄河流域生态保护和高质量发展等一系列战略的实施,陕西省成为西部重要的经济增长引擎之一。但陕北水土流失严重,关中高温天气频发,陕南生态敏感度攀升,发展意愿的主动性与客观资源的局限性形成的矛盾关系导致省内空间布局亟需研究与调整[21-22]。已有学者对陕西省土地利用展开研究,但缺乏对陕西省不同尺度的"三生"空间演化特征及影响因素进行系统性讨论。贺晓晖[23]运用多样化集中化指数等模型分析陕西省2018年"三生"功能特征;马琪等[24]发现西安市"三生"功能的基础是自然条件;王思雨等[25]引入POI数据识别商洛市中心城区"三生"格局。现有研究缺乏系统性探讨陕西省多年间不同尺度的"三生"空间特征及影响因素。因此,本文自上而下研究陕西省"三生"空间时空演化特征及驱动机制,以期丰富西部地区的土地利用研究,同时为地区土地资源的科学管理提供对策。

1　研究区概况

陕西省深入内陆腹地,对西北地区各省市的发展具有辐射带动作用。地势南北高,中部低,省内主要分为陕北高原(榆林市、延安市)、关中平原(西安市、咸阳市、渭南市、铜川市、宝鸡市)、陕南山地(汉中市、商洛市、安康市),共计10个市(图1),总面积约2.06×10^6 km²。当地气候条件复杂多样,跨湿润、半湿润区、半干旱区和干旱区4个干湿地区,由高原、平原、山地等多种地貌构成。到2020年为止,区域常住人口达3.96×10^7人,城镇人口占62.7%,生产总值为2.6×10^{12}元,三次产业结构比重为0.09:0.43:0.48,是西北第一大经济体[1]。



注:该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为GS(2019)3333号的标准地图制作,底图边界无修改。

图1　研究区范围

Fig. 1　Scope of study area

2　数据与方法

2.1　数据来源

本文以2000—2020年作为研究时序,土地利用数据均获取自资源环境科学与数据中心公布的30 m分辨率陕西省遥感监测数据。自然环境数据中的气象数据来自中国气象数据网,归一化植被指数(Normalized difference vegetation index, NDVI)由Landsat遥感影像经ENVI软件计算后得出。社会经济数据包括人口数据、国内生产总值、产业产值等,分别获取自《陕西区域统计年鉴》《陕西统计年鉴》以及各区县国民经济和社会发展统计公报。

2.2　"三生"空间分类系统构建

以中国土地利用遥感监测数据分类系统为基础,根据各空间含义对现有系统的子类进行重分类,提出本文的"三生"空间分类体系(表1)。考虑到某些地类的功能混合,如耕地和城镇用地,因此将明显具有多功能的类型,根据其主导和附加功能,提出生活生产和生产生态空间,并依照主导功能归至大类中,该分类体系包含所有的地类,可用于不同地域的研究中。但陕西省并未包含所有空间类型(永久性冰川雪地、滩涂、海洋和其他),因此本文不涉及上述土地类型。

2.3　研究方法

2.3.1　综合土地利用动态度　该模型用于衡量某一时段内,土地利用变化的整体程度,其计算公式为:

$$LC=\sum_{i=1}^{n}\frac{\Delta LA_{(i-j)}}{LA_i}\times\frac{1}{T}\times100\% \qquad (1)$$

表1 “三生”空间分类体系

Tab. 1 Production-living-ecology spatial classification system

一级地类	二级地类	中国土地利用遥感监测数据二级分类
生态空间	绿色生态空间	有林地、灌木林、疏林地、高覆盖度草地、中覆盖度草地、低覆盖度草地
	蓝色生态空间	河渠、湖泊、水库坑塘、永久性冰川雪地、滩涂、滩地、海洋
	潜在生态空间	沙地、戈壁、盐碱地、沼泽地、裸土地、裸岩石质地、其他
生产空间	生产生态空间	水田、旱地、其他林地
	工矿生产空间	其他建设用地
生活空间	生活生产空间	城镇用地
	农村生活空间	农村居民点

式中：LC为综合土地利用类型动态度；n为土地利用类型数量；$\Delta LA_{(i-j)}$为第i类转变为除i类外土地类型的总面积；LA_i为初期第i类土地的面积；T为研究时长。

2.3.2 单一土地利用动态度 该模型用于研究某一时段内某类土地的变化情况，其计算公式为：

$$K=\frac{U_b-U_a}{U_a}\times\frac{1}{T}\times 100\% \tag{2}$$

式中：K为某类的土地利用动态度；U_a、U_b分别为初期及末期的面积。

2.3.3 土地利用转移矩阵 该矩阵能反映静态单一时段内各土地利用类型的面积，还便于动态分析时期内土地利用类型转出的流向和转入的来源及变化量，其计算公式为：

$$S_{ij}=\begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix} \tag{3}$$

式中：S为面积；i、j分别为转移前后的土地利用类型；n为土地利用类型。

2.3.4 地理探测器 该数理统计分析方法由王劲峰和徐成东提出，探究地理事物空间分异性并揭示其驱动力，包含因子探测、生态探测、交互探测和风险探测。本文对自然环境、城市规模和经济发展3类因子进行离散化处理，主要运用其因子探测和交互探测。因子探测可测算自变量对于因变量空间分异现象的解释程度，交互探测分析不同因子叠加作用后对因变量分布的影响程度，具体可见文献[26]。

3 结果与分析

3.1 陕西省“三生”空间数量特征

3.1.1 综合土地利用动态度分析 20 a间，综合土地利用动态度呈波动变化。初期为0.2%，5 a后增至0.3%，后一期降至0.1%，最终回到0.2%。2次增长出现在2005—2010年和2015—2020年，结合单一土地利用动态度可知，前者主要为生活空间增长，期间城镇化快速扩张且陕西人口急剧增长，后者主要为生态空间增长，随着“两山论”的贯彻实施，全社会对于生态环境提出了更高的要求，加速了生态空间的增长。

3.1.2 单一土地利用动态度分析 研究时期内，生活空间动态度长期最大多为正值，其次是生产空间多为负值，生态空间长期最小多为正值。2000—2005年生活空间扩张最快，生态空间小幅度扩大，生产空间缩小。下一期生活空间加快至3.3%，生态空间同速增长，生产空间持续减少。之后生活空间降至1.4%，生产空间低速扩张，生态空间同速减小。最终生态空间同速增长，其余空间均缩减(表2)。

表2 陕西省“三生”空间土地利用动态度变化

Tab. 2 Rate of production-living-ecology spaces change in Shaanxi Province /%

年份	生产空间	生活空间	生态空间
2000—2005	-0.3	2.2	0.1
2005—2010	-0.4	3.3	0.1
2010—2015	0.1	1.4	-0.1
2015—2020	-0.2	-0.7	0.1

3.1.3 一级分类土地利用转移矩阵分析 2000—2005年生产空间面积变化最大为-932.4 km^2，其余空间面积增加，生态空间增量是生活空间的近2倍。2005—2010年生产空间持续减少1444.4 km^2，其余类型增大，生态空间增加895.8 km^2。2010—2015年生态空间变化最大为负值-503.9 km^2，生活空间增量更大。2015—2020年生态空间变化最大，增加908.1 km^2，其余类型减少，生产空间减少更多(表3)。3种空间的数量结构未发生绝对性变化，生

表3　2000—2020年陕西省“三生”空间土地利用转移矩阵

Tab. 3　Transfer matrix of production-living-ecology spaces in Shaanxi Province from 2000 to 2020　/km²

类别	2000—2005年			2005—2010年			2010—2015年			2015—2020年		
	生产空间	生活空间	生态空间	生产空间	生活空间	生态空间	生产空间	生活空间	生态空间	生产空间	生活空间	生态空间
生产空间	70745.3	323.2	1547.5	67727.5	612.2	3344.3	69842.5	265.9	131.1	66821.6	264.8	3384.7
生活空间	9.4	3005.7	3.8	127.9	3191.3	35.3	6.6	3895.4	1.0	340.3	3741.2	90.1
生态空间	928.9	25.7	129064.0	2384.2	99.6	128132.0	625.6	10.4	130876.0	2540.8	25.9	128418.0

态空间经历“增—减—增”的波动过程，生产空间与之相反，生活空间长期增加近期减少。

3.1.4　二级分类土地利用转移矩阵分析　2000—2005年生产生态空间变化最大为-961.0 km²，主要转为绿色生态空间和农村生活空间。2005—2010年与上一期情况相似，但蓝色生态空间由增变减，减少64.6 km²。2010—2015年工矿生产空间变化最大为643.2 km²。此外，绿色生态空间减少最多，主要转为生产生态空间，生态价值退化。矿区治理未产生显著成果，但面积增大且开采的副产物，如污水、矿渣对生态已形成负面影响。2015—2020年生产生态空间变化最大为-982.2 km²，主要转为绿色生态空间。绿色生态空间增量最大为824.6 km²（表4）。多年间，各级政府为治理陕西省水土流失问题实行退耕还林还草。2017年符合条件的生态林纳入森林生态效益补偿范围，2018年上一轮补助到期的生态林进一步纳入抚育补助范围，对于林户的补偿提升减轻林户的经济顾虑。

3.2　陕西省“三生”空间地域分布特征

陕西省“三生”空间格局以生态空间为主，多位于省域南部，即宝鸡市和西安市南部及陕南，少量聚集在中部和西北部，即延安市南部和榆林市西部。其次生产空间分布较广，主要位于中部，即渭南市、咸阳市、西安市北部、宝鸡市东部，部分在榆林市南部、延安市北部、汉中市中部。生活空间规模最小，多位于西安都市圈一带，逐年向外扩张，其余小聚居点逐年小幅度增大，土地城镇化的快速扩张导致生活空间不断增加。

二级分类整体经历由相对简单到相对复杂的过程，不同种类的空间特征不同。生活空间中，生活生产空间扩张突出，大多在蓝色生态空间的两侧及交界处；农村生活空间呈小斑块均匀镶嵌在生产生态空间中。生产空间中，工矿生产空间靠近斑块较大的生活空间，体现生产与生活的密切联系，北部分布稳定、南部缓慢增长，部分分布在榆林市西部的潜在生态空间内。生活空间以及工矿生产空间的面积扩张多来自绿色生态空间，生态空间分布主要与自然地理条件相关。

3.3　陕西省“三生”空间变化驱动力分析

结合“三生”空间影响因素的研究成果[27-30]，考虑各地不同的自然条件，对陕西省以及陕北、关中和陕南从整体到局部逐一进行驱动力探究。

空间利用的形式起初由居民因地制宜，在不断演化中，各项社会活动对空间功能的影响不断累加，尤其对短期内的变化起决定作用。基于此，选取年平均气温（X_1）、年平均降水量（X_2）、NDVI（X_3）、人口总数（X_4）、人口密度（X_5）、财政收入（X_6）、社会消费品零售总额（X_7）、第一产业增加值（X_8）、第二产业增加值（X_9）、第三产业增加值（X_{10}）、人均GDP（X_{11}）、全社会固定资产投资（X_{12}）、城镇居民可支配收入（X_{13}）13个因子作为自变量（表5），空间类型为因变量（Y），探讨近年来陕西省“三生”空间分布变化的原因。由于因素影响与空间变化是一个长期过程，本文以5 a为一节点，分别测算2000—2020年内5个时间点的驱动机制。

3.3.1　因子探测　各年份结果所示如下，代表单个因子对于“三生”空间分布的解释程度（图2a~d）。所有因子的P值均为0，说明结果通过0.05水平显著性检测，模型均可信。

（1）陕西省全域

人口密度对空间布局的解释度最强，在0.3~0.4上下，其余因素的位次不定改变。X_2与X_3多位于解释度高位，反映自然条件的基础作用。城市规模要素中，人口要素的解释度总高于0.1，X_6逐年提升（图2a）。陕西省对于人口长期关注，除流动人口落户政策放宽，2010年7月早已发布《陕西省中长期人才发展规划（2010—2020年）》，该规划设立未来10 a人口发展目标及方向。经济发展要素中，产业增加值

表4 2000—2020年陕西省"三生"空间二级分类土地利用转移矩阵

Tab. 4 Transfer matrix of the secondary production-living-ecology spaces in Shaanxi Province from 2000 to 2020 /km²

类别	2000—2005年						
	工矿生产空间	蓝色生态空间	绿色生态空间	农村生活空间	潜在生态空间	生产生态空间	生活生产空间
工矿生产空间	/	0.0	0.4	0.1	0.0	0.2	0.0
蓝色生态空间	0.0	/	8.8	0.4	0.3	40.4	0.2
绿色生态空间	8.0	30.6	/	14.7	67.9	849.0	9.9
农村生活空间	0.3	0.6	2.9	/	0.0	8.6	24.3
潜在生态空间	4.0	3.1	68.2	0.3	/	27.5	0.2
生产生态空间	17.0	73.1	1467.5	245.3	6.5	/	77.8
生活生产空间	0.0	0.0	0.3	0.5	–	0.5	/

类别	2005—2010年						
	工矿生产空间	蓝色生态空间	绿色生态空间	农村生活空间	潜在生态空间	生产生态空间	生活生产空间
工矿生产空间	/	4.9	3.7	0.9	0.0	1.9	8.8
蓝色生态空间	2.5	/	88.5	5.1	4.0	144.1	1.3
绿色生态空间	85.7	58.1	/	62.8	58.1	2040.4	20.4
农村生活空间	3.2	2.3	22.8	/	0.0	118.8	14.7
潜在生态空间	46.8	11.8	157.5	7.6	/	64.6	2.3
生产生态空间	118.2	103.3	3214.3	416.2	18.1	/	186.2
生活生产空间	0.4	0.5	9.8	7.7	0.0	5.5	/

类别	2010—2015年						
	工矿生产空间	蓝色生态空间	绿色生态空间	农村生活空间	潜在生态空间	生产生态空间	生活生产空间
工矿生产空间	/	–	0.7	0.6	0.4	3.2	0.2
蓝色生态空间	5.8	/	17.6	0.4	0.6	5.5	0.1
绿色生态空间	262.2	29.9	/	6.4	110.6	180.4	3.3
农村生活空间	5.0	0.6	0.0	/	0.1	0.1	12.4
潜在生态空间	91.8	4.1	2.6	0.2	/	79.8	–
生产生态空间	281.9	53.0	50.7	115.1	26.4	/	150.1
生活生产空间	1.6	0.1	0.0	0.6	0.3	0.0	/

类别	2015—2020年						
	工矿生产空间	蓝色生态空间	绿色生态空间	农村生活空间	潜在生态空间	生产生态空间	生活生产空间
工矿生产空间	/	2.9	49.9	2.4	14.8	38.4	0.7
蓝色生态空间	3.8	/	62.1	2.8	10.9	71.1	1.0
绿色生态空间	125.5	86.5	/	18.0	128.6	2223.1	3.7
农村生活空间	4.3	4.1	61.4	/	7.2	284.6	8.2
潜在生态空间	74.6	5.7	83.4	0.4	/	42.6	0.0
生产生态空间	105.1	128.4	3138.6	231.5	50.1	/	30.2
生活生产空间	9.5	1.1	14.6	3.8	1.6	41.9	/

注:/表示未变面积;–表示未发生转换;0.0值表示变化量小于0.05。

的多次高位体现产业结构的重要影响。

(2) 陕西省分区域

陕北受自然环境影响较强,人口要素也多居于高位(图2b);关中自然环境和城市规模影响较强(图2c);陕南主要受到城市规模要素及X_{12}的影响(图2d)。综上所述,各区域主导因素不同,但均多受城市规模影响,其代表着地方消费实力、劳动力储备量及发展潜力,说明空间利用主体的数量对空

表5 "三生"空间驱动因子

Tab. 5 Production-living-ecology spaces driving force indicators

驱动因子	衡量内容	驱动因子	衡量内容
年平均气温(X_1)	自然环境	第一产业增加值(X_8)	经济发展
年平均降水量(X_2)	自然环境	第二产业增加值(X_9)	经济发展
NDVI(X_3)	自然环境	第三产业增加值(X_{10})	经济发展
人口总数(X_4)	城市规模	人均GDP(X_{11})	经济发展
人口密度(X_5)	城市规模	全社会固定资产投资(X_{12})	经济发展
财政收入(X_6)	城市规模	城镇居民可支配收入(X_{13})	经济发展
社会消费品零售总额(X_7)	城市规模		

注:NDVI为归一化植被指数;GDP为国内生产总值。

间分布模式产生较大影响。

3.3.2 交互探测 交互探测计算2个变量交互后对于因变量的解释程度,可多角度探究空间格局形成的原因(图3a~t)。

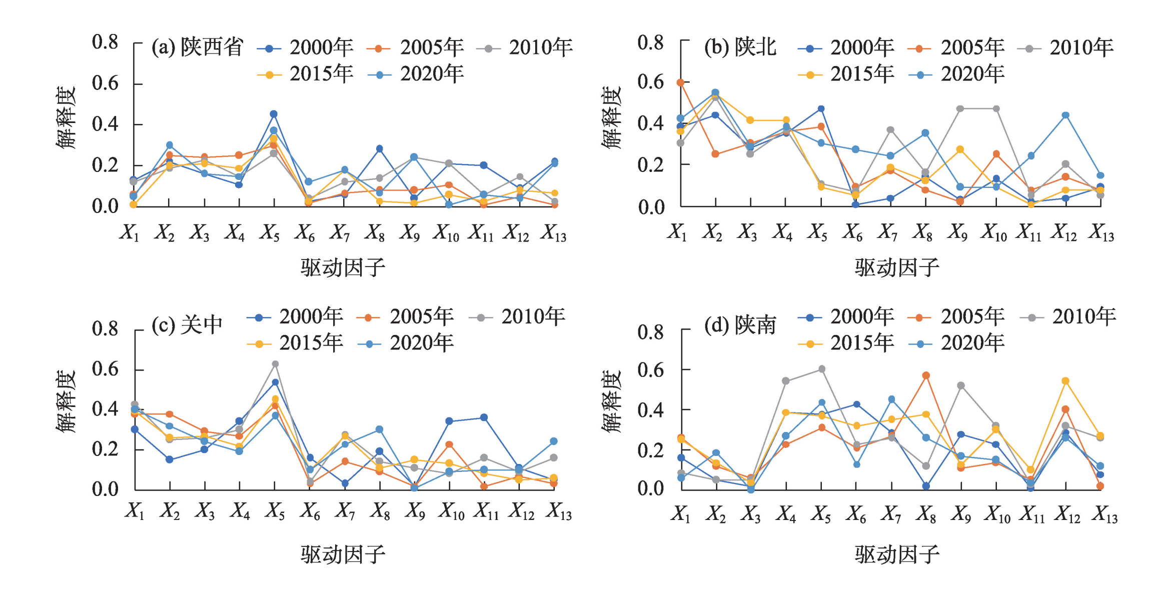
(1) 陕西省全域

2000年各因子交互后均有明显提升,其中X_5增强效果最突出;2005年自然环境与人口要素的增强效果明显;2010年多数要素呈增强效果,但经济发展要素的增幅较小;2015年自然环境、人口要素和X_7的增强效果显著;2020年与2015年近似但经济发展要素的增加效果提升。

(2) 陕西省分区域

要素组合对三大区域的解释度更高。所有组合的平均解释度在陕北最高,大多高于50%,自然环境要素、人口要素、X_7和X_{10}的增强作用明显。陕北以煤炭资源丰富著称,是黄河流域生态保护的重要城市带,应强调以产业绿色升级带动生态资源高质量发展。关中以自然环境和人口要素作用明显。西安都市圈经济基础好、人口稠密,为区域内电子、航空航天等优势产业提供了更多的发展机会,产业结构调整助力区域绿色发展,也为区域吸引各界人才。陕南以城市规模和经济发展要素作用明显,特别是人口要素和X_7。秦巴山地是省内的生态底线,优质的自然资源孵化环保与产业融合的发展模式,绿色食品、文旅康养等主导产业相辅相成,形成较为完整的生态产业链,为游客带来全面的体验,为投资业务的扩展与合作提供了平台。

每组因子的关系均为正向加强,多为非线性增强,部分为双因子增强,多因子的共同作用增强效应明显。陕西省境内3个地区特点不同,各组合在关中解释度较弱,推测原因为关中是陕西省的发展中心,开发时间长,因此空间利用更为复杂,影响因素相应更多。



注:X_1为年平均气温;X_2为年平均降水量;X_3为NDVI;X_4为人口总数;X_5为人口密度;X_6为财政收入;X_7为社会消费品零售总额;X_8为第一产业增加值;X_9为第二产业增加值;X_{10}为第三产业增加值;X_{11}为人均GDP;X_{12}为全社会固定资产投资;X_{13}为城镇居民可支配收入。下同。

图2 因子探测结果

Fig. 2 Results of factor detector

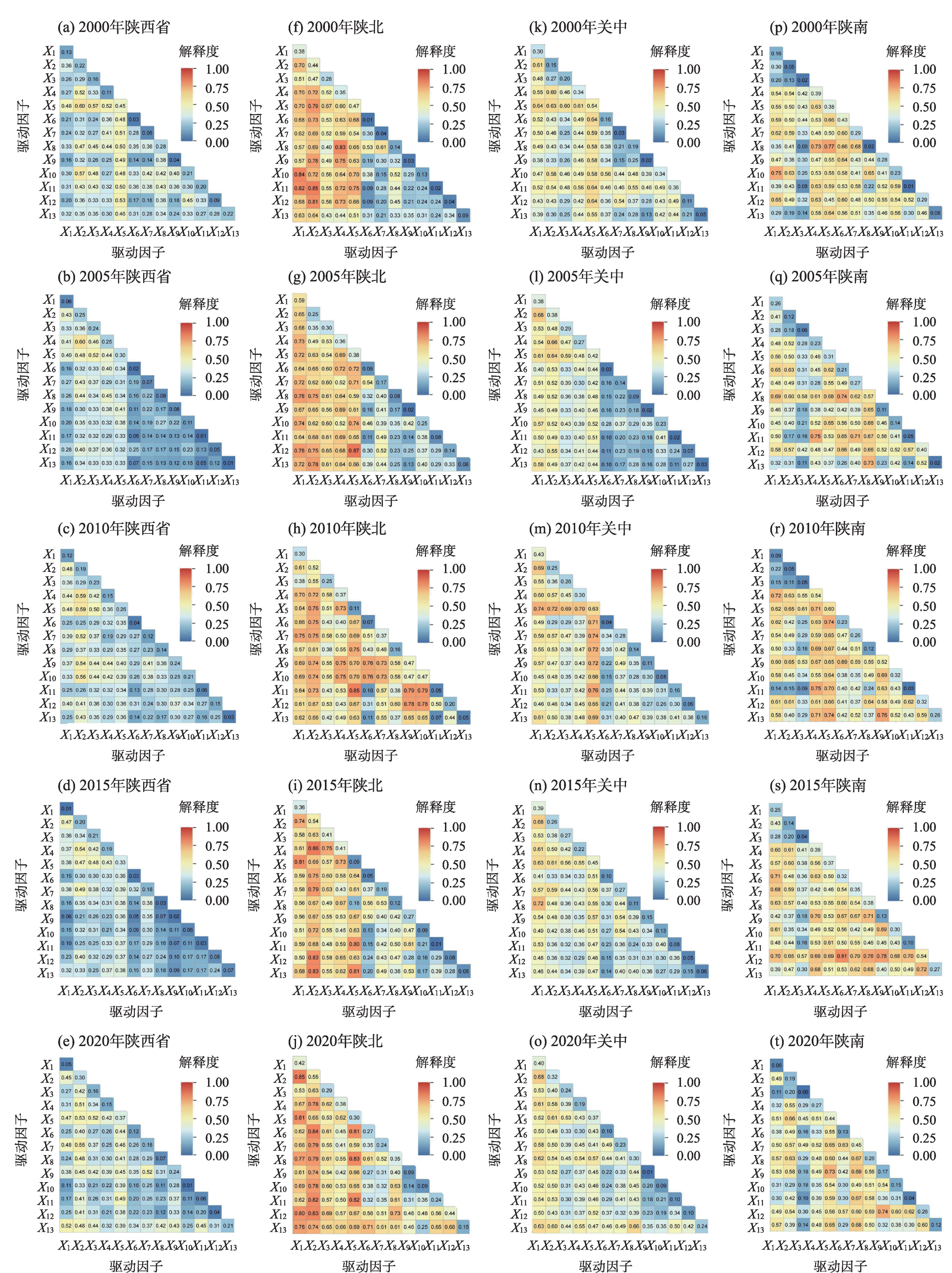


图3 交互探测结果

Fig. 3 Results of interaction detector

4 讨 论

虽然陕西省不同区域的驱动组合不同,但总与人口要素相关,同已有研究[27-29]的结论具有相似性。然而,本文在考虑各地差异后分区域探讨影响因素,为陕西省空间利用研究引入新的尺度。

生产空间的持续缩小与人口增长的趋势相反,对生活空间的开发模式以及生产空间的生产效率提出了更高要求。陕西省应加强区域协作,形成优势互补的发展格局。陕北需加强对矿区的修复治理并在开发过程中坚持合理开发、适度开发;西安都市圈中,生活空间不断扩张体现西安吸引人才落户政策的成功,对周边起辐射带动作用,适合金融、服务业等第三产业和战略新型产业的发展;陕南应该分级治理、精细管理,以环境保护为前提开展产业活动,对不适宜开垦的区域推行退耕还林还草的政策,充分利用南部山林广阔的优势发展林下种植,保障陕西省粮食安全,推动实现“生态美、产业兴、百姓富”的有机统一。

对全省而言,生态空间的扩张体现出陕西省环保意识的增强,增加面积以绿色生态空间和潜在生态空间为主,潜在生态空间还需要长期的养护转为生态价值更高的空间,提高黄河流域生态承载力。值得注意的是,蓝色生态空间的面积仍在下降。还需加强对水域的关注,尤其注重对境内黄河、渭河等江河,以及红碱淖、瀛湖等湖泊湿地的保护和治理,设定专项法规,引导与监督社会对于水资源的集约利用,加强河长制等政策的落实与监察。

5 结 论

(1) 陕西省“三生”空间分布受社会经济活动的影响程度在0.2%上下。单一土地利用动态度的同期中,生活空间数值最大但逐渐减小转为负值;生产空间变化次之多为负值,速率略增转为负值;生态空间多为正值并维持在0.1%。

(2) 2000—2020年3种地类波动变化,生产空间变化最大为减量,其余空间为扩张。二级地类中生态生产空间减量多转换为绿色生态空间,体现出陕西省环保意识的增强。生产生态空间的缩减对陕西省粮食作物单位产量提出了新要求。生活空间需注重盘活存量土地,提升开发质量。

(3) 各类空间分布有明显的地域特征。陕西省以生态空间为主,多在南部;面积次位为生产空间,多在中部和北部;末位为生活空间,多在中部。在二级分类中,生活生产空间沿水系分布;工矿生产空间靠近面积较大的生活空间;绿色生态空间的减少与工矿生产和生活空间有关。

(4) 人口要素在因子探测和交互探测中始终作用突出。单一因子中,全域受人口密度影响较强;陕北受自然环境和人口要素影响较强;关中与自然环境和城市规模要素相关性强;陕南受城市规模要素及全社会固定资产投资影响较强。但单一因子驱动力有限,多因子交互后多呈非线性增强。各组社会经济因素对于“三生”空间分布的解释程度在陕西省北部和南部较强。

参考文献(References)

[1] 陕西省统计局, 国家统计局陕西调查总队. 陕西统计年鉴—2021[J]. 北京: 中国统计出版社, 2021. [Statistics Bureau of Shaanxi Provice, National Bureau of Statistics Survey Office in Shaanxi Province. Shaanxi statistical yearbook: 2021[J]. Beijing: China Statistics Press, 2021.]

[2] 李涛, 廖和平, 杨伟, 等. 重庆市“土地、人口、产业”城镇化质量的时空分异及耦合协调性[J]. 经济地理, 2015, 35(5): 65−71. [Li Tao, Liao Heping, Yang Wei, et al. Urbanization quality over time and space as well as coupling coordination of land, population and industrialization in Chongqing[J]. Economic Geography, 2015, 35(5): 65−71.]

[3] 尹宏玲, 徐腾. 我国城市人口城镇化与土地城镇化失调特征及差异研究[J]. 城市规划学刊, 2013(2): 10−15. [Yin Hongling, Xu Teng. The mismatch between population urbanization and land urbanization in China[J]. Urban Planning Forum, 2013(2): 10−15.]

[4] 黄征学, 覃成林, 李正图, 等. “十四五”时期的区域发展[J]. 区域经济评论, 2019(6): 1−12, 165. [Huang Zhengxue, Qin Chenglin, Li Zhengtu, et al. Regional development during the 14th five-year plan period[J]. Regional Economic Review, 2019(6): 1−12, 165.]

[5] 范树平, 程从坤, 刘友兆, 等. 中国土地利用/土地覆盖研究综述与展望[J]. 地域研究与开发, 2017, 36(2): 94−101. [Fan Shuping, Cheng Congkun, Liu Youzhao, et al. Review and prospect on land use/cover research in China[J]. Areal Research and Development, 2017, 36(2): 94−101.]

[6] 周艳, 黄贤金, 徐国良, 等. 长三角城市土地扩张与人口增长耦合态势及其驱动机制[J]. 地理研究, 2016, 35(2): 313−324. [Zhou Yan, Huang Xianjin, Xu Guoliang, et al. The coupling and driving forces between urban land expansion and population growth in Yangtze River Delta[J]. Geographical Research, 2016, 35(2): 313−324.]

[7] 陈婧, 史培军. 土地利用功能分类探讨[J]. 北京师范大学学报

(自然科学版), 2005, 41(5): 536-540. [Chen Jing, Shi Peijun. Discussion on functional land use classification system[J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science Editon), 2005, 41(5): 536-540.]
[8] 李广东, 方创琳. 城市生态-生产-生活空间功能定量识别与分析[J]. 地理学报, 2016, 71(1): 49-65. [Li Guangdong, Fang Chuanglin. Quantitative function identification and analysis of urban ecological-production-living spaces[J]. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(1): 49-65.]
[9] 李明薇, 郧雨旱, 陈伟强, 等. 河南省"三生空间"分类与时空格局分析[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(9): 13-20. [Li Mingwei, Yun Yuhan, Chen Weiqiang, et al. Quantitative function identification and analysis of urban ecological-production-living spaces[J]. Acta Geographica Sinica, 2018, 39(9): 13-20.]
[10] 陈龙, 周生路, 周兵兵, 等. 基于主导功能的江苏省土地利用转型特征与驱动力[J]. 经济地理, 2015, 35(2): 155-162. [Chen Long, Zhou Shenglu, Zhou Bingbing, et al. Characteristics and driving forces of regional land use transition based on the leading function classification: A case study of Jiangsu Province[J]. Economic Geography, 2015, 35(2): 155-162.]
[11] 窦睿音, 张生玲, 刘学敏. 中国资源型城市"三生系统"耦合协调时空分异演变及其影响因素分析[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2021, 57(3): 363-371. [Dou Ruiyin, Zhang Shengling, Liu Xuemin. Spatial and temporal diversity patterns and influencing factors in "production system-life system-ecosystem" coupled coordination in resource-based cities in China[J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science Edition), 2021, 57(3): 363-371.]
[12] 马彩虹, 安斯文, 文琦, 等. 基于土地利用转移流的国土空间格局演变及其驱动机制研究——以宁夏原州区为例[J]. 干旱区地理, 2022, 45(3): 925-934. [Ma Caihong, An Siwen, Wen Qi, et al. Spatial pattern evolution and its driving mechanism based on land use transfer flow: A case study in Yuanzhou District in Ningxia[J]. Arid Land Geography, 2022, 45(3): 925-934.]
[13] 孔雪松, 谢世姣, 朱思阳, 等. 湖北省人口-土地-产业城镇化的时空分异与动态耦合分析[J]. 经济地理, 2019, 39(4): 93-100. [Kong Xuesong, Xie Shijiao, Zhu Siyang, et al. Spatiotemporal differentiation and dynamic coupling of urbanization of population, land and industry in Hubei Province[J]. Economic Geography, 2019, 39(4): 93-100.]
[14] 刘顺鑫, 黄云. "三生空间"视角下万州区景观生态安全评价及其耦合特征分析[J]. 水土保持研究, 2020, 27(6): 308-316. [Liu Shunxin, Huang Yun. Evaluation and coupling coordination analysis of landscape ecological security of Wanzhou District from the perspective of production-life-ecological space[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2020, 27(6): 308-316.]
[15] 王成, 唐宁. 重庆市乡村三生空间功能耦合协调的时空特征与格局演化[J]. 地理研究, 2018, 37(6): 1100-1114. [Wang Cheng, Tang Ning. Spatio-temporal characteristics and evolution of rural production-living-ecological space function coupling coordination in Chongqing Municipality[J]. Geographical Research, 2018, 37(6): 1100-1114.]
[16] 黄安, 许月卿, 卢龙辉, 等. "生产-生活-生态"空间识别与优化研究进展[J]. 地理科学进展, 2020, 39(3): 503-518. [Huang An, Xu Yueqin, Lu Longhui, et al. Research progress of the identification and optimization of production-living-ecological spaces[J]. Progress in Geography, 2020, 39(3): 503-518.]
[17] 张军涛, 翟婧彤. 我国沿海中心城市"三生空间"耦合-协调度评价及优化策略[J]. 现代城市研究, 2020(7): 2-8. [Zhang Juntao, Zhai Jingtong, Study on the coupling coordination degree of production-living-ecological space in the coastal central cities of China[J]. Modern Urban Research, 2020(7): 2-8.]
[18] 戴文远, 江方奇, 黄万里, 等. 基于"三生空间"的土地利用功能转型及生态服务价值研究——以福州新区为例[J]. 自然资源学报, 2018, 33(12): 2098-2109. [Dai Wenyuan, Jiang Fangqi, Huang Wanli, et al. Study on transition of land use function and ecosystem service value based on the conception of production, living and ecological space: A case study of the Fuzhou New Area[J]. Journal of Natural Resources, 2018, 33(12): 2098-2109.]
[19] 龚亚男, 韩书成, 时晓标, 等. 广东省"三生空间"用地转型的时空演变及其生态环境效应[J]. 水土保持研究, 2020, 27(3): 203-209. [Gong Ya'nan, Han Shucheng, Shi Xiaobiao, et al. Temporal and spatial evolution and associated eco-environment effects of the land use transformation of ecological-production-living spaces in Guangdong Province[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2020, 27(3): 203-209.]
[20] 杨清可, 段学军, 王磊, 等. 基于"三生空间"的土地利用转型与生态环境效应——以长江三角洲核心区为例[J]. 地理科学, 2018, 38(1): 97-106. [Yang Qingke, Duan Xuejun, Wang Lei, et al. Land use transformation based on ecological-production-living spaces and associated eco-environment effects: A case study in the Yangtze River Delta[J]. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(1): 97-106.]
[21] 程波, 赵阿宁, 张新社. 西安城市地质与可持续发展研究[J]. 西北地质, 2021, 54(4): 259-265. [Cheng Bo, Zhao Aning, Zhang Xinshe. Study on Xi'an City geology and sustainable development[J]. Northwestern Geology, 2021, 54(4): 259-265.]
[22] 杨晓俊, 方传珊, 侯叶子. 基于生态足迹的西安城市生态游憩空间优化研究[J]. 地理研究, 2018, 37(2): 281-291. [Yang Xiaojun, Fang Chuanshan, Hou Yezi. Optimization of ecological recreation area in Xi'an City based on ecological footprint[J]. Geographical Research, 2018, 37(2): 281-291.]
[23] 贺晓晖. 陕西省"三生空间"土地利用结构分析[J]. 遥感信息, 2021, 36(6): 120-124. [He Xiaohui. Analysis on land use structure of ecological-production-living space in Shaanxi Province[J]. Remote Sensing Information, 2021, 36(6): 120-124.]
[24] 马琪, 王梓柔, 赵永宏. 西安市"三生空间"时空格局演化与功能测度[J]. 山地学报, 2021, 39(5): 722-733. [Ma Qi, Wang Zirou, Zhao Yonghong. Evolution of spatial-temporal pattern and functional measurement of "production-living-ecologial" space in Xi'an, China[J]. Mountain Reserch, 2021, 39(5): 722-733.]
[25] 王思雨, 林高瑞. 商洛市中心城区"三生空间"识别及格局分析[C]//中国城市规划学会. 面向高质量发展的空间治理——2020中国城市规划年会论文集 (20总体规划). 北京:中国建筑工业

出版社, 2021: 527-538. [Wang Siyu, Lin Gaorui. Identification and pattern analysis of “ecological-production-living space” in Shangluo downtown area[C]//Urban Planning Society of China. Space Governance for High-quality Development: 2020 Proceedings of China Urban Planning Annual Conference (20 Overall Plan). Beijing: China Architecture & Building Press, 2021: 527-538.]

[26] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134. [Wang Jinfeng, Xu Chengdong. Geodetector: Principle and prospective[J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1): 116-134.]

[27] 李晓华, 封建民, 文琦. 陕西省土地利用与景观格局变化特征及驱动力分析[J]. 国土资源科技管理, 2021, 38(1): 107-117. [Li Xiaohua, Feng Jianmin, Wen Qi. On characteristics of land use and landscape pattern change and its driving forces in Shaanxi Province[J]. Scientific and Technological Management of Land and Resources, 2021, 38(1): 107-117.]

[28] 韩美, 孔祥伦, 李云龙, 等. 黄河三角洲“三生”用地转型的生态环境效应及其空间分异机制[J]. 地理科学, 2021, 41(6): 1009-1018. [Han Mei, Kong Xianglun, Li Yunlong, et al. Eco-environmental effects and its spatial heterogeneity of “ecological-production-living” land use transformation in the Yellow River Delta[J]. Scientia Geographica Sinica, 2021, 41(6): 1009-1018.]

[29] 宋永永, 薛东前, 夏四友, 等. 近40 a黄河流域国土空间格局变化特征与形成机理[J]. 地理研究, 2021, 40(5): 1445-1463. [Song Yongyong, Xue Dongqian, Xia Siyou, et al. Change characteristics and formation mechanism of the territorial spatial pattern in the Yellow River Basin from 1980 to 2018, China[J]. Geographical Research, 2021, 40(5): 1445-1463.]

[30] 王柱莲, 王平, 支林蛟. 环滇池地区2000—2020年“三生”空间格局演变及其驱动力[J]. 水土保持通报, 2021, 41(6): 265-273, 281. [Wang Zhulian, Wang Ping, Zhi Linjiao. Evolution and driving forces of ecological-productive-living space pattern in Dianchi Lake area during 2000—2020[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(6): 265-273, 281.]

Land use change based on production-living-ecology spaces and its driving forces in Shaanxi Province

DOU Ruiyin[1], ZHANG Wenjie[1,2], CHEN Chen[1]

(1. School of Tourism & Research Institute of Human Geography, Xi’an International Studies University, Xi’an 710128, Shaanxi, China; 2. Department of City and Regional Planning, Cornell University, Ithaca 14850, New York, the United States)

Abstract: Shaanxi Province connects the eastern and western parts of China. Hence, its rational land-use planning is crucial to promote high-quality regional development. Guided by land functions, the study explored the characteristics and change trends of the production-living-ecology spaces in Shaanxi Province from 2000 to 2020 using various modeling methods (e.g., a land-use transfer matrix). Subsequently, the mechanisms of distribution changes at different scales were analyzed. The following are the conclusions. (1) The integrated land-use dynamic attitudes of the spaces fluctuated at 0.2%, with two instances of increase: the expansion of living spaces and the increase of ecological spaces. Among the single land-use dynamic attitudes, the rates of living spaces were the highest, mostly positive; the rates of production spaces were the second, mostly negative; and the rates of change of ecological spaces were mainly positive, stable at 0.1%. (2) From 2000 to 2020, the size of production space changed the most, decreasing by 2913 km^2, and other spaces increased, among which ecological spaces increased more. In the secondary classification, the size of production ecological spaces changed the most, decreasing by 4036 km^2, whereas the remaining types increased (except for the potential ecological space), and green ecological space increased the most (by 2025 km^2). (3) The spatial distribution of spaces relates to topography. The ecology spaces that occupy the largest area were mainly located in the south, the production spaces were mainly located in the central area, and the living spaces that occupy the smallest area were mainly located in the Xi’an metropolitan zone and expanded outward yearly. (4) A factor detector indicates that the population factors dominated the spatial changes of production-living-ecology spaces in Shaanxi Province. Meanwhile, an interaction detector reveals that the results of multifactor could better explain the spatial distribution than those of single factors.

Key words: production-living-ecology spaces; land use/cover change; spatial-temporal evolution; driving mode; Shaanxi Province